

INVERNADERO - SECADERO SOLAR PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES: EVALUACION ECONOMICA¹

V. García, A. Iriarte²

INENCO – Fac. de Ciencias Agrarias – Univ. Nacional de Catamarca –
Mto. Quiroga 93 (4700) Catamarca – Argentina. E-Mail: vgarcia@plab.unca.edu.ar

D. Carabajal, G. Sabadzija y L. Tomalino
E.E.A. INTA Catamarca – Sumalao Valle Viejo 4707 Catamarca – Argentina

RESUMEN: En este trabajo se realiza una evaluación económica de un invernadero - secadero que utiliza un invernadero macrotúnel. Durante el invierno se usa como sistema productivo y en el verano es acondicionado como secadero solar. Los cultivos evaluados fueron zapallito, melón y pepinillo; determinándose ciclos de cultivo, período de cosecha y rendimiento. La evaluación como secador se realizó utilizando pimienta para pimentón. Se analiza el comportamiento térmico del diseño, del producto durante el secado y calidad final. El producto final obtenido fue de muy buena calidad, disminuyendo notablemente el tiempo de secado con respecto al de cielo abierto. Se realizó la evaluación económica para tres años consecutivos y la evaluación financiera de la inversión para cinco años, obteniéndose un VAN positivo y un TIR superior al costo de la mejor alternativa de uso del dinero. El sistema integrado es una alternativa válida en el marco de una producción sustentable para pequeños productores.

Palabras clave: sistema integrado, invernadero, productivo, secadero solar, pequeños productores.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el Instituto de Energía no Convencional - INENCO juntamente con la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Catamarca, han trabajado en el desarrollo de un sistema de secado a fin de obtener un producto ajustado a las normas internacionales de calidad y mejorar la rentabilidad del proceso de secado solar al repartir los costos de la infraestructura con otro tipo de actividad complementaria como es la producción bajo cubierta.

En el presente trabajo se evalúa el comportamiento de tres cultivos en el invernadero como sistema productivo y se propone la utilización del secadero para el secado de pimienta para pimentón, analizándose el comportamiento térmico del sistema, tiempo de secado y calidad final del producto. Asimismo, se realiza el análisis económico de los cultivos y del sistema.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Invernadero: el invernadero está ubicado en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA, Sumalao, Dpto. Valle Viejo - Catamarca (28,38° latitud S, 66° longitud O, 600 m s.n.m), está compuesto por dos módulos tipo macrotúnel de 7 m de ancho, 20 m de largo y 3,5 m de altura máxima ubicados uno al lado del otro, orientados de Este a Oeste. Esta disposición permite una mayor captación de energía solar durante todo el año y disminuye las pérdidas de aire caliente del interior del invernadero por acción del viento.

La estructura de cada uno de los módulos está construida por materiales semicirculares, columnas y piezas longitudinales de caño estructural. Un macrotúnel tiene doce arcos, cada uno de ellos con dos columnas de tubos estructurales 4 m y 2,5 m de altura, distanciadas 2 m entre ellas y unidas en su parte media y superior. El armazón de la cubierta está construida con tubos paralelos, lo que facilita la colocación de una cubierta doble de plástico tipo larga duración térmica (L.D.T.). Esta estructura está ensamblada con bulones, totalmente desmontable y de fácil traslado. Presenta además la ventaja de posibilitar una superficie interior libre de soportes, permitiendo una amplia capacidad de actuación y maniobrabilidad de las maquinarias. La separación entre las partes resistentes permite una mayor iluminación, siendo el área ocupada por el material opaco no superior al 10% (Iriarte, *et al* 1996)

Secadero: El sistema utilizado como secadero está constituido por:

- **Colector térmico solar:** es un espacio del interior del invernadero cubierto con una lámina de plástico negro de 200 micrones que cumple la función de una placa colectora.

¹ Parcialmente financiado por:
SEDECYT, INTA, UNCa.

² Investigador del CONICET

- **Túnel de secado:** fue ubicado a 0,40 m de la pared Norte del interior de uno de los módulos del invernadero. Construido con postes y travesaños de madera distanciados 2 m unos de otro, cubierto con plástico transparente (L.D.T.) constituyendo un túnel de 20 m de largo, 1,4 m de ancho y 1,75 m de alto. El ingreso del producto se realiza por el Oeste coincidiendo con la puerta de acceso al invernadero. A los efectos de poder transportar el producto por medio de carros portabandejas se colocaron dos rieles en su interior.
- **Bandejas y carros portabandejas:** las bandejas de 1,00 m x 1,35 m fueron construidas con hierro estructural y una malla metálica tejida que hace de soporte del producto. Son apiladas una sobre otra formando un rack de 16 bandejas. Para facilitar el acceso de la carga y descarga, fueron colocadas sobre una estructura con ruedas que se desliza a lo largo del túnel. Cuando el secador trabaja en forma continua se desplazan avanzando hacia el fondo, mientras que el aire caliente circula en contracorriente al movimiento del producto. El producto a secar es calentado por el aire que ingresa al túnel desde el colector a través de una puerta que se encuentra en la pared lateral interna. En el momento que es necesario un aporte auxiliar de calor el aire pasa por la cámara de calentamiento auxiliar.
- **Calentador auxiliar:** el aporte auxiliar de energía se realizó con un calentador de aire (Rodríguez *et al.* 1997), utilizando leña (quebracho, algarrobo), desechos forestales de desmonte y desechos agrícolas (marlo de choclo).
- **Sistema de medición:** para la medición de las variables más importantes se utilizó un sistema de adquisición automática de datos con tarjetas PCLAB 812 en una computadora PC/AT. Las temperaturas en el túnel de secado, en el colector y el ambiente exterior se midieron utilizando sensores termistores NTH 2011 C. La humedad relativa se midió en la entrada y salida del aire que atraviesa el producto con dos sondas Vaisalas HMP 3SD. La radiación exterior se la obtuvo con un radiómetro Kipp & Zonen, mientras que la radiación que llega a la bandeja superior en que se encuentra el producto se midió con un radiómetro Black and White.

EVALUACIÓN COMO INVERNADERO

Las especies evaluadas entre Mayo y Noviembre durante tres años consecutivos fueron:

- ◆ *Zapallito Redondo de Tronco (Cucurbita máxima cv)* en dos fechas de siembra.
- ◆ *Melón (Cucumis melo cv.) variedad Inodorus Híbrido Early Dew* en una fecha de siembra.
- ◆ *Pepinillo Cucumis sativus cv. Híbrido dasher II* en una fecha de siembra.

Las cosechas se realizaron manualmente, los frutos fueron contados y pesados uno por uno. La evaluación de la producción se efectuó sobre un surco de 18 m de largo obteniéndose un número final de frutos comerciales durante cada cosecha. El resultado obtenido se intrapoló a kg m^{-2} y luego se multiplicó por el área del invernadero (216 m^2) para obtener la producción mensual y total de cada cultivar. Para determinar los números de cajones con zapallitos por módulo se consideró un cajón 18 kg de capacidad y para el melón cajas de capacidad 8 unidades.

EVALUACIÓN COMO SECADOR

Como secador se lo utilizó entre los meses Enero – Abril empleando como materia prima el pimiento para pimentón (*Capsicum annuum L.*).

A los fines de contar con material suficiente en los años 1995 y 1996 se implantó de este cultivo una superficie de 4.000 m^2 en la E.E.A. INTA, y en el año 1997 la producción de materia prima fue realizada por productores de Cambio Rural implantándose en el Valle Central de la Provincia. (García *et al.* 1997).

Se efectuaron tres cosechas entre Enero y Marzo de manera que el aprovisionamiento de materia prima al secadero fuera permanente.

A los efectos de tener una mayor capacidad de secado se instaló una máquina cubeteadora del producto fresco, luego de ser seleccionado. El mismo fue fraccionado en trozos de aproximadamente 0,02 m de largo por 0,02 m de ancho. La carga de las bandejas fue realizada manualmente colocándose 5 kg en cada una de ellas, lo que determinó una capacidad total de carro de 80 kg. Cuando el producto alcanzó el 50 % de deshidratado se lo extrajo del túnel de secado y se lo distribuyó en el colector para su homogeneización y terminación de la etapa de secado.

EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

Se realizó el análisis económico de los cultivos y del sistema. Los cultivos se evaluaron mediante el Margen Bruto y los índices Rendimiento de Indiferencia y Relación Margen Bruto/Costo Directo. Se valoró la producción con precios promedios percibidos en finca, según los meses de oferta del producto; los insumos con precios promedios del mercado local y la mano de obra según datos oficiales de la Dirección de Trabajo de Catamarca. El sistema global se evaluó mediante el Ingreso Neto.

La evaluación financiera de la inversión se efectuó para un período de cinco años, contemplando la inversión en la infraestructura del Invernadero/Secadero al inicio del primer ciclo. Los gastos operativos de los cultivos, gastos de estructura e ingresos se asignaron al final de cada ciclo productivo.

El sistema evaluado el primer año, correspondiente a la campaña 1995, fue la combinación Zapallito de Tronco - Pimiento Pimentón; el segundo año se evaluó la combinación Melón - Pimiento Pimentón, campaña 1996; el tercer año la combinación Pepino elaborado - Pimiento Pimentón, campaña 1997; y para completar el horizonte de evaluación se proyectó el cuarto y quinto año considerando la segunda combinación (Melón - Pimiento) por ser la que arrojó mayor beneficio.

Para el cultivo de pimiento para pimentón se considero prudente plantear una evolución progresiva en los rendimientos y precios, suponiendo un ajuste en el manejo del cultivo y en las etapas de secado y molienda que repercuten en la producción y en la calidad (precios). Se partió de una productividad de 900 kg/Ha y un precio de 2,50 \$/kg hasta alcanzar la situación estabilizada con una productividad de 1.500 kg/Ha y un precio promedio de venta a granel de 3,0 \$/kg.

La evaluación financiera de la inversión se efectuó para un período de cinco años, contemplando la erogación en la infraestructura al inicio del primer ciclo. La evolución en los rendimientos y precios corresponde al ajuste hasta alcanzar una situación optimizada. El Valor Actualizado Neto (VAN) se obtuvo actualizando los Saldos Efectivos con una tasa de descuento del 12 % y 18 %.

RESULTADOS

❖ *Comportamiento como invernadero*

Los períodos siembras y cosechas, el período vegetativo y de cosecha, como también el ciclo total en días, para los distintos cultivos ensayados en el invernadero se detallan a continuación

Zapallito Redondo de Tronco: (Cucurbita máxima cv.)

Ciclo del cultivo

Con este cultivar se realizaron dos siembras, el número total de cosechas para cada etapa fueron 27 y 16. El periodo vegetativo para cada caso fue de 59 y 86 días mientras que el periodo de cosechas fue de 106 y 58 días por lo tanto el ciclo total de cultivo fue de 165 y 144 días respectivamente.

Los rendimientos obtenidos para los dos ensayos de siembra fueron de 15,75 kg m⁻² y 12,65 kg m⁻² cosechándose en ambos casos un total de 3.405 y 2.734 kg con los que se obtuvieron 189 y 152 cajones para su comercialización.

Melón: Cucumis melo cv. Inodorus Híbrido Early Dew

Ciclo del cultivo

Se realizó una sola siembra, efectuándose 4 cosechas. Los periodos vegetativo, y de cosecha fueron de 108 y 23 días respectivamente, con lo que el ciclo total de cultivo fue de 131 días.

El rendimiento obtenido para este cultivar fue: 6 frutos.m⁻² lo que significó un total de 1.216 frutos por módulo, lográndose 186 cajas para su comercialización. El peso promedio de cada melón fue de 1,17 kg.

Pepinillo: Cucumis sativus cv. Híbrido dasher II :

Ciclo del cultivo

Los periodos vegetativo y de cosecha fueron de 46 y 58 días respectivamente, lográndose un ciclo total de cultivo de 104 días. El número total de cosechas para este cultivar fue de 34.

El rendimiento para el pepinillo fue de 1,62 kg m⁻² con un total de 349,92 kg por módulo.

❖ *Comportamiento como secador*

Las figuras 1 y 2, muestran los resultados obtenidos del invernadero secador para cuatro días de secado continuo. En la Fig. 1, se observa el comportamiento del sector de colección. La temperatura en el interior del colector alcanzó los 70 °C cuando la temperatura ambiente llega a un valor máximo de 30 °C, para una radiación sobre superficie horizontal comprendida entre los 1.000 y 1.100 Wm⁻² al medio día solar.

La Fig. 2, muestra el comportamiento del túnel de secado. En el primer y segundo día se utilizó el sistema auxiliar de calefacción hasta que el colector alcanzó la temperatura de 50 °C. A partir de ese instante, el aire caliente que circula a través del producto es aportado por el sector de colección hasta que la temperatura disminuye y se hace necesario nuevamente el aporte auxiliar.

Los datos obtenidos indican que en el primer día la calefacción auxiliar funcionó durante cinco horas, mientras que el segundo día siete horas. La temperatura en el interior del secadero osciló entre 48 y 60 °C durante nueve horas. En el tercer y cuarto día no se encendió el sistema de calefacción auxiliar, debido a que la temperatura estuvo dentro de los niveles necesarios para el secado como consecuencia de un nivel adecuado de radiación.

La Fig. 3. muestra la evolución del secado con respecto a la relación entre peso y peso inicial (P/Po) de los distintos carros ingresados en tres días consecutivos. En ella se observa las horas de ingreso y salida del producto una vez alcanzado el 50 % de deshidratado. Se advierte que los dos primeros carros alcanzaron el nivel propuesto para su extracción a las 5 horas de permanencia en el túnel. Los carros 3 y 4 se los retiró después de 8 horas de ingresados (20:00 p.m.). Los carros 5 y 6 permanecieron durante toda la noche. El proceso se reinició después de 12 horas ingresando cuatro nuevos carros con producto fresco. Después de tres horas se sacaron los dos carros que quedaron del día anterior y 5 horas posteriores se retiraron tres carros. Asimismo, en el tercer día se repitió la rutina del día anterior, retirándose los carros que quedaron y cuatro de los

colocados en ese mismo día. En estado de régimen el sistema admite el ingreso entre cinco y seis carros por día lo equivale a 400 - 500 kg de producto fresco.

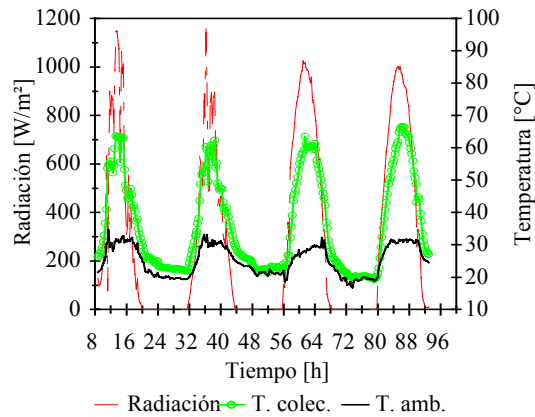


Fig. 1. Radiación, temperatura interna del invernadero colector y temperatura ambiente

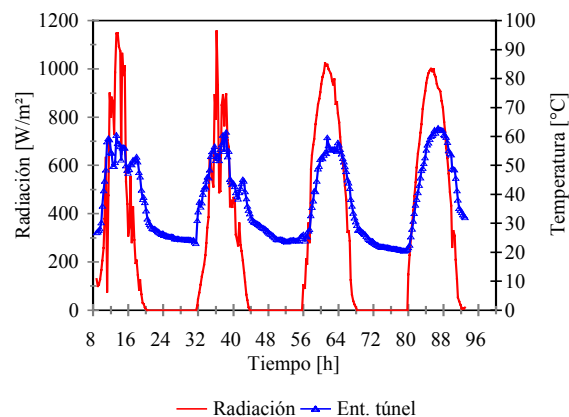


Fig. 2. Radiación exterior y temperatura de entrada en el túnel de secado.

El producto final obtenido fue de muy buena calidad tanto en color, sabor y clasificado como calidad extra (250° Grados ASTA - American Spice Trade Assn).

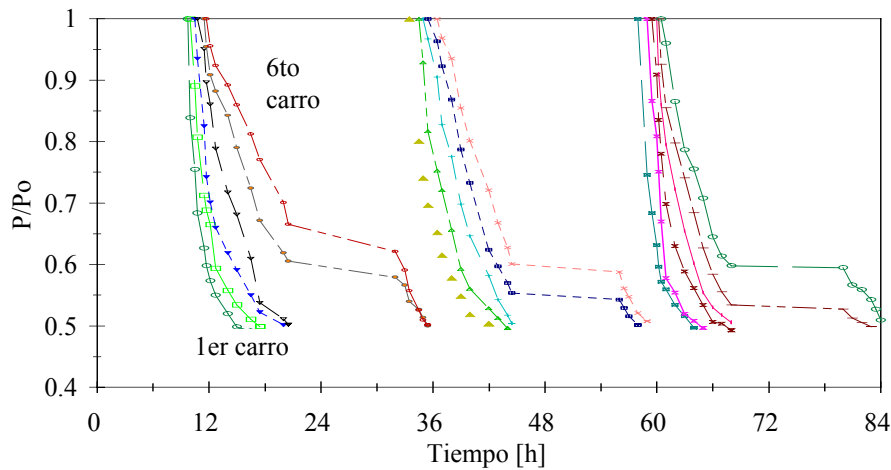


Fig. 3. Curvas de secado de pimiento durante tres días

❖ *Resultados económicos financieros*

En el Cuadro N° 1 se muestran los resultados económicos de los tres cultivos ensayados, determinándose el Margen Bruto (M.B.) calculado en Pesos/Ha, y la relación Margen Bruto - Costo Directo (M.B./C.D.)

Cultivos	1995		1996		1997	
	M.B.	M.B./C.D.	M.B.	M.B./C.D.	M.B.	M.B./C.D.
Zapallito	477,08	2,93				
Melón			812,86	1,98		
Pepino					306,36	1,40
Pimentón	22.049,9	0,84	2.049,95	0,84	2.049,95	0,84

Cuadro N° 1: Resultados Económicos por Cultivo

Los resultados económicos por cultivo se muestran en el Cuadro N° 2, en el se detallan los Costos Directos en pesos/hectáreas, el rendimiento de indiferencia o Costo en kilos (kg/Ha) y el precio.

Entre las alternativas de cultivo protegido para encadenar con Pimiento para pimentón, el que arrojó mayor margen bruto por hectárea fue el Melón, mientras que el de menor beneficio por hectárea fue el pepino elaborado. Desde el punto de vista de la rentabilidad el Zapallito fue el más eficiente en el uso del dinero, ya que tuvo una ganancia de \$ 2,93 por cada peso de costo directo invertido en la actividad; siendo el de menor recupero el Pepino con \$ 1,40.

El pimiento arrojó un beneficio (margen bruto) de 2.049 \$/Ha y una rentabilidad de \$ 0,84 por peso invertido de costo directo. El costo directo por hectárea fue de \$ 2.450,05 y el costo expresado en producto de 816,68 kilos por hectárea.

Cultivos	Campaña	Costo Directo	Costo en Kilos	Precio
Zapallito (\$/cajón)	1995	162,92	16,29	10,0
Melón (\$/caja)	1996	411,14	51,59	8,0
Pepino (\$/Kg.)	1997	218,64	145,76	1,5
Pimentón (\$/Kg.)	95/96/97	2450,05	816,68	2,5/3,0

Cuadro N° 2 : Resultados Económicos por Cultivo:

Analizando los resultados económicos globales, observamos que el segundo año fue el de mayores Ingresos Brutos y Beneficios (Ingreso Neto), en donde se combina el Pimentón con Melón como cultivo protegido, pero también es el año de mayor erogación en Costos Directos. El tercer año se obtuvo menores Ingresos Brutos y Beneficios (Ingreso Neto), en donde se combina el Pimentón con Pepino elaborado como cultivo protegido. La rentabilidad del sistema productivo aumenta progresivamente hacia el año 3, debido a la pérdida del valor de los activos más que a un incremento del Ingreso Neto.

ECONÓMICOS	MEDIDA	1995	1996	1997
	Ingreso Bruto Total	27.640	28.224	27.525
	Costo Directo Total	14.863,8	15.111,4	14.918,9
	Margen Bruto Total	12.776,8	13.112,6	12.606,1
	Gastos Indirectos	1.450	1.450	1.450
	Amortización	1.142,8	1.142,8	1.142,8
	Ingreso Neto	10.183,98	10.519,76	10.013,27
	Rentabilidad (I.N./Activo)	50,99	56,88	57,71
FINANCIERO	Saldo Efectivo	-7.511	11.662,6	11.156,1

Cuadro N° 3: Resultados Globales por año en \$ Totales/Año

Si analizamos los resultados financieros globales, el saldo negativo del primer año se debe a la inversión inicial realizada en la instalación del Invernadero - Secadero.

❖ Evaluación de la Inversión

En los primeros años se observaron saldos efectivos negativos debido a la erogación de la inversión inicial, a la evolución de precios (2,5 \$/kg), y rendimiento (900 kg/Ha) para el pimiento para pimentón y al bajo margen bruto del cultivo protegido acompañante (zapallito) en el primer año; y, a la evolución de precios (2,50 \$/kg) y rendimientos (1.000 kg/Ha) del pimiento para el segundo año, Cuadro N° 4.

AÑOS	0	1	2	3	4	5
Venta cultivo Protegido		640	1.224	525	1.224	1.224
Venta Pimentón		13.500	15.000	21.600	25.200	27.000
Recupero Inversión						5.203,6
Total de Ingresos		14.140	16.224	22.125	26.424	33.427,6
Inversiones	8.436					
Gastos Operativos Cultivo Protegido		162,92	411,14	218,64	411,14	411,14
Gastos Operativos Pimentón		14.700,7	14700,7	14700,7	14700,7	14700,7
Gastos Indirectos		1.450	1.450	1.450	1.450	1.450
Total Egresos Efectivos	8.436	1.6313,6	16561,9	16969,3	16761,9	16561,9
Saldos Efectivos	-8.436	-2173,6	-337,9	5155,7	9662,1	16865,7
Saldo Actualizado (VAN, 12%)	7.798,4					
TIR	29,89					

Cuadro N° 4 : Flujo de Fondos en \$ Totales/Año

La evaluación financiera indica que la inversión es viable ya que la experiencia arroja, en el periodo evaluado (cinco años), un VAN positivo y una Tasa Interna de Retorno (TIR) que supera ampliamente el costo de la mejor alternativa de uso del dinero (12 %).

CONCLUSIONES

Los ensayos realizados demuestran que el uso de un sistema integrado de producción y secado solar cumple con los requerimientos de los pequeños productores de la provincia de Catamarca. Esto es, alcanzar un producto deshidratado de alta calidad con una considerable disminución del tiempo de secado respecto al secado tradicional sobre canchas. Además, el criterio

adoptado de repartir los costos de la infraestructura con otro tipo de actividad complementaria como es la producción bajo cubierta fue una solución acertada para aumentar la eficiencia y la reducción económica del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- García, V.; Iriarte, A., Carabajal, D.; Tomalino, L.; Saravia, L. 1997. Invernadero - Secador: resultados experimentales con pimiento para pimentón. ASADE. Vol. I. N° 1. Pag. 1 – 4.
- Iriarte, A.; García, V. Carabajal, D.; Tomalino, L.; Saravia, L.; Passamai, V. 1996. Secado de productos agrícolas con invernadero doble Macrotúnel: Ensayos Preliminares. 19° Reunión de ASADES, Tomo I – 01. Pag. 17 – 20.
- Paunero, I.; García, V.; Iriarte, A. 1997. Secado de Aromáticas en túnel de aire utilizando energía solar. Anales del SAIPA, Vol. 15, pp 15-19.
- Rodríguez C, Iriarte A y Saravia L. Calentador auxiliar para secaderos solares utilizando residuos forestales. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 1 N°1, pp. 9. 1997.
- Roncedo, L. 1995. “ El Cultivo del Pimiento para Pimentón en los Valles Calchaquíes” E.E.A. Famaillá, INTA. 12 páginas.

ABSTRACT

The economic assesment of a dryer - greenhouse used as macrotunnel greenhouse is carried put in this study. During winter, it is used as a productive system, and, in summer, it is prepared as a solar dryer. Crops evaluated were: small vegetable marrow, muskmelon and cucumber. Their crop cycle, harvest period and yields were also analized. The evaluation of the dryer greenhouse was made using pepper for paprika to determine thermal behavior, product behavior during drying, and final quality. The end - product was of very good quality lowering dryng time compared to that of open air dryns. The economica assement was aplied in three successive years and the finacial evaluation of the investment in five years, resulting in a positive VAN and a TIR above the cost of the best alternative for money investment. The integrated system is a valid a alternative for sustainable production of small farmers.